PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2002-099433

(43)Date of publication of application: 05.04.2002

(51)Int.CI.

GO6F 9/46

G06F 1/32 G06F 1/04

(21)Application number: 2000-287883

(71)Applicant:

SONY CORP

(22)Date of filing:

22.09.2000

(72)Inventor:

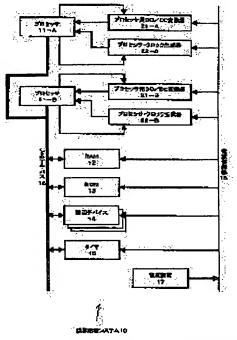
TOGAWA ATSUSHI

(54) SYSTEM OF COMPUTING PROCESSING, CONTROL METHOD SYSTEM FOR TASK CONTROL, METHOD THEREFOR AND RECORD MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a configuration system of multiprocessor capable of reducing power consumption of a processor along with responding to real-time demands from applications.

SOLUTION: In the configuration system having a plurality of processors enabling to change dynamically an operating frequency and a power source voltage by controlling of an operating system, the power consumption of each processor and a whole of the system is reduced with determining the most suitable power source voltage responding to a time-varying operating frequency in conjunction with adaptable changing of the frequency necessary to perform a started periodical real-time task and a non real-time task without delay.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Japanese Publication for Unexamined Patent Application Tokukai 2002-99433 (P2002-99433A)

A. Relevance of the above-identified Document

This document has relevance to claims 1 to 4 and 13 to 16 of the present application.

B. Translation of the Relevant Passages of the Document

[0025]

[MEANS TO SOLVE THE PROBLEMS]

...a processing system or a processing control method including a plurality of processors capable of concurrently executing a periodical real-time task that needs to be completed before a next period is started and a non-real-time task that has no limitation as to a completion time, the system or the method characterized by including: operating frequency calculating means or step for calculating, with respect to each processor at each moment during operation, an operating frequency sufficient for meeting a requirement to each periodical real-time task; processor clock generating means or step for supplying, to each processor, an operating frequency clock that is based on a result of calculation in the operating frequency calculating means or step; line voltage calculating means or step for calculating, with respect to each

processor, a line voltage necessary for driving the processor at the frequency calculated in the operating frequency calculating means or step; and processor power supplying means or step for supplying, to each processor, the line voltage that is based on a result of calculation in the line voltage calculating means or step.

[0028]

According to the processing system and the processing control method of the first aspect of the present invention, an adaptive change is made, with respect to each processor, to an operating frequency necessary for the processor so as to process without delay the periodical real-time task and the non-real-time task that are started. Meanwhile, an optimal line voltage is determined with respect to each processor in accordance with the operating frequency, which is constantly changed. With this arrangement, power consumption of each processor is reduced.

The processing system and the processing control method of the first aspect of the present invention may further include task choosing/executing means or step for (i) selecting, at each moment during operation of each processor, which given task is to be executed, and (ii) executing the selected task. More specifically, in each processor, a task is fetched from a top of executable periodical real-time tasks, or, if the list is empty, from a top of a list of executable non-real-time tasks. In this way, each processor can execute tasks as required, while meeting requirements to periodical

real-time tasks.

[0030]

Moreover, the system and the method further include transition-to-sleep means or step for causing a processor to be into a sleep mode if at any moment during operation of the processor there is no task to be executed, the sleep mode being a mode in which an operating rate of the processor is lowered. By causing the processor with no unfinished task into the sleep mode, power consumption of the system as a whole is minimized.

(12) 公開特許公報(4) (18) 日本国格路庁 (JP)

特開2002-99433

(11)特許出國公開番号

(P2002-99433A) 340B 301C 340E (43)公開日 9/46 G06F 原列配导 340 301 9/46 1/32

> G06F (51) Int.C.

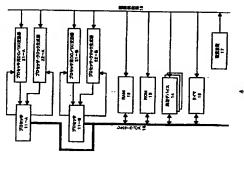
(21)出版器号	特国2000-287883(P2000-287883)	(71) 出國人 00002185	
(22) (計度日	平成12年9月22日(2000.9.22)	ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号	
		(72)発明者 戸川 教之	
		果果都出版北海川6丁目7番35号 ソニー株式会社内	χ.
		(74)代理人 100101801	
		井理士 山田 英治 (外2名)	
		Fターム(参考) 58011 LL02 LL13	
		58079 BA01 BB01 BC01 DD20	
		58038 FF03 FF08 CA02 CA04	
		-	

資算処理システム及び衝算処理何制方法、タスク管理システム及びタスク管理方法、並びに配憶 媒体 (54) 【発明の名称】

(57) [数約]

つつプロセッサによる電力消費を削減することができる 【課題】 アプリケーションのリアルタイム要求に応え マルチプロセッサ構成システムを提供する。

るプロセッサを複数備えたマルチプロセッサ構成システ 世間なく処理するために必要な動作周波数を適応的に変 【解決手段】 動作周波数と電源電圧をオペレーティン グ・システムの制御により動的に変化させることができ ムにおいて、各プロセッサ毎に、起動された各タスクを 化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に 応じて最適な電源電圧を決定していくことで、各プロセ ッサ並びにシステム全体の消費電力を低減する。



平成14年4月5日(2002.4.5) 11 開求項の数16 OL (全 20 頁) デーフート (教教) 5B011 5B079 5B098 332Z 審查請求 未請求 \$ 5

|請求項1||次の周期の開始までに実行を完了させる必 長がある周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の制 的がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能な 各プロセッサ毎に、稼動中の各時点において、各周期リ アルタイム・タスクに誤せられた要求を満たすために充 プロセッサを複数個含んだ演算処理システムであって、 分な動作周波数を算出する動作周波数算出手段と、

結果に基づく動作周波数クロックを該プロセッサに供給 各プロセッサ毎に、前記動作周波数算出手段による算出 各プロセッサ毎に、前記動作周波数算定手段により算出 するプロセッサ・クロック生成手段と、

各プロセッサ毎に、前記電弧電圧算出手段による算出結 された動作周波数で該プロセッサを駆動させるために充 分な電販電圧を算出する電源電圧算出手段と、

サ電源供給手段と、を具備することを特徴とする演算処 果に基づく危礙他圧を該プロセッサに供給するプロセッ **型システム。**

与えられたタスクのうちいずれを実行すべきかを選択し て実行するタスク選択・実行手段をさらに備えることを 【静求項2】各プロセッサの稼動中の各時点において、 特徴とする請求項1に記載の演算処理システム。

其行すべきタスクがなくなったことに応答して、該プロ セッサを稼動串が低下したスリーブ状態に移行させるス リーブ題移手段をさらに備えることを特徴とする請求項 【請求項3】各プロセッサの稼動中の各時点において、 に記載の演算処理システム。

荷などの情報を、タスク実行前に記録するタスク情報記 た、次の周期の開始時間、周期、一周期あたりの処理負 「請求項4】各周期リアルタイム・タスクに課せられ

て、電源電圧と動作周波数が前記プロセッサの限界を越 前記タスク情報記録手段により記録された情報を参照し ルタイム・タスクの登録を制限するタスク登録制御手段 と、を各プロセッサ所にさらに備えることを特徴とする えず、及び/又は、既登録の周期リアルタイム・タスク に課せられた要求が満たされるように、新たな周期リア 請求項1に記載の演算処理システム。

算出された動作周波数及び/又は前記電源電圧算出手段 [請求項5] 各プロセッサ毎に、非リアルタイム・タス クが存在しないときに前記動作周波数算出手段によって によって算出された電源電圧が所定の下限値を下回った 崩えることを特徴とする請求項1に記載の演算処理シス ことに応答して、該プロセッサの動作周波教及び/又は 電源電圧を抜下限値に設定する下限値設定手段をさらに

複数個のプロセッサによる演算処理を制御する演算処理 【請求項6】次の周期の開始までに実行を完了させる必 要がある周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の制 約がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能な

各プロセッサ毎に、稼動中の各時点において、各周期リ アルタイム・タスクに課せられた要求を満たすために充 各プロセッサ毎に、前記動作周波数算出ステップによる 算出結果に基づく動作周波数クロックを抜プロセッサに 分な動作周波数を算出する動作周波数算出ステップと 供給するプロセッサ・クロック生成ステップと、

算出された動作周波数で該プロセッサを駆動させるため 各プロセッサ毎に、前配動作周波数算定ステップにより 各プロセッサ毎に、前記電源電圧算出ステップによる算 セッサ電源供給ステップと、を具備することを特徴とす 出結果に基づく電源電圧を該プロセッサに供給するプロ に充分な電源電圧を算出する電源電圧算出ステップと 5 演算処理制御方法。 2

与えられたタスクのうちいずれを実行すべきかを選択し て実行するタスク選択・実行ステップをさらに備えるこ 【請求項7】各プロセッサの稼動中の各時点において、 とを特徴とする都求項6に配破の演算処理制御方法。

セッサを稼動率が低下したスリーブ状態に移行させるス リーブ遷移ステップをさらに備えることを特徴とする請 実行すべきタスクがなくなったことに応答して、数プロ 【請求項8】各プロセッサの稼動中の各時点において、 **永項 6 に記載の液算処理制御方法。** 8

荷などの情報を、タスク実行前に記録するタスク情報記 た、次の周期の開始時間、周期、一周期あたりの処理負 【請求項9】各周期リアルタイム・タスクに課せられ 録ステップと、

前記タスク情報記録ステップにより記録された情報を参 スクに課せられた要求が満たされるように、新たな周期 ステップと、を各プロセッサ毎にさらに備えることを特 照して、電源電圧と動作周波数が前記プロセッサの限界 リアルタイム・タスクの登録を制限するタスク登録制御 を越えず、及び/又は、既登録の周期リアルタイム・タ 8

を下回ったことに応答して、前記プロセッサの動作周波 ステップをさらに備えることを特徴とする請求項6に記 【請求項10】各プロセッサ毎に、非リアルタイム・タ よって算出された動作周波数及び/又は前記電瓶館圧算 出ステップによって算出された電源電圧が所定の下限値 数及び/又は電源電圧を該下限値に設定する下限値設定 スクが存在しないときに前記動作周波数算出ステップに 做とする請求項6に記載の演算処理制御方法。

必要がある周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の 【請求項11】次の周期の開始までに実行を完了させる 制約がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能 な複数固のプロセッサのタスクを管理するタスク管理シ 載の演算処理制御方法。

各プロセッサ毎に、各周期リアルタイム・タスクに誤せ られた、次の周期の開始時間、周期、一周期あたりの処 理負荷などの情報を、タスク実行前に記録するタスク情 ステムであって、

3

 $\widehat{\mathbb{S}}$

応じて数プロセッサの電磁電圧と動作周波数を設定する 各プロセッサ毎に、該プロセッサに課された処理負荷に

セッサの限界を越えず、及び/又は、既登録の周期リア に、新たな周期リアルタイム・タスクの登録を制限する 各プロセッサ毎に、前記タスク情報記録手段により記録 された情報を参照して、追願電圧と動作周波数が該プロ ルタイム・タスクに課せられた要求が満たされるよう

タスク登録制御手段と、を具備することを特徴とするタ スク管理システム。

きに前記動作周波数算出手段によって算出された動作周 【請求項12】非リアルタイム・タスクが存在しないと 故数が所定の下限値を下回ったことに応答して、プロセ ッサの動作周波数及び/又は電源電圧を該下限値に設定 する下限値散定手段を各プロセッサ毎にさらに備えるこ とを特徴とする請求項11に記載のタスク管理システ

る記憶媒体。

必要がある周炯リアルタイム・タスクと実行完了時刻の 【請求項13】次の周期の開始までに実行を完了させる 制約がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能 な複数個のプロセッサのタスクを管理するタスク管理方 払わめった、

理負荷などの情報を、タスク実行前に記録するタスク情 各プロセッサ毎に、各周期リアルタイム・タスクに課せ られた、次の周期の開始時間、周期、一周期あたりの処 脱記録ステップと

各プロセッサ毎に、該プロセッサに課された処理負荷に **芯じて核プロセッサの電源電圧と動作周波数を設定する** 動作設定ステップと、

記録された情報を参照して、電顔電圧と動作周波数が該 うに、新たな周期リアルタイム・タスクの登録を制限す プロセッサの限界を越えず、及び/又は、既登録の周期 るタスク登録制御ステップと、を具備することを特徴と リアルタイム・タスクに課せられた要求が満たされるよ 各プロセッサ毎に、前記タスク情報記録ステップにより するタスク管理方法。

きに前記動作周波数算出ステップによって算出された動 作周波数が所定の下限値を下回ったことに応答して、ブ ロセッサの動作周波数及び/叉は電源電圧を該下限値に 備えることを特徴とする請求項13に記載のタスク管理 [請求項14] 非リアルタイム・タスクが存在しないと 設定する下限値設定ステップを各プロセッサ毎にさらに

ータ・ソフトウェアをコンピュータ可認形式で物理的に 必要がある周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の 制約がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能 な複数個のプロセッサによる放算処理の制御をコンピュ 【請求項15】次の周期の開始までに実行を完了させる **ータ・システム上で実行するように記述されたコンピュ**

格納した記憶媒体であって、前記コンピュータ・ソフト

算出結果に基づく動作周波数クロックを該プロセッサに 各プロセッサ毎に、稼動中の各時点において、各周期リ アルタイム・タスクに課せられた要求を潰たすために光 各プロセッサ毎に、前記動作周波数算出ステップによる 分な動作周波数を算出する動作周波数算出ステップと、 供給するプロセッサ・クロック生成ステップと、

算出された動作周波数で該プロセッサを駆動させるため 各プロセッサ毎に、前記電源池圧算出ステップによる算 出結果に基づく電源電圧を該プロセッサに供給するプロ セッサ電源供給ステップと、を具備することを特徴とす 各プロセッサ毎に、前記動作周波数算定ステップにより に充分な電源電圧を算出する電源電圧算出ステップと、

【請求項16】次の周期の開始までに実行を完了させる ータ・ソフトウェアをコンピュータ可説形式で物理的に 格納した記憶媒体であって、前記コンピュータ・ソフト 必要がある周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の 制約がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能 な複数個のプロセッサにおけるタスクの管理をコンピュ ータ・システム上で実行するように記述されたコンピュ

られた、次の周期の開始時間、周期、一周期あたりの処 理負荷などの情報を、タスク実行前に記録するタスク情 各プロセッサ毎に、各周期リアルタイム・タスクに課せ 粗記録ステップと、

各プロセッサ毎に、該プロセッサに課された処理負荷に 応じて該プロセッサの電源電圧と動作周波数を設定する 動作設定ステップと

各プロセッサ毎に、前記タスク情報記録ステップにより 記録された情報を参照して、電源電圧と動作周波数が該 プロセッサの限界を越えず、及び/又は、既登録の周期 るタスク登録制御ステップと、を具備することを特徴と リアルタイム・タスクに課せられた要求が満たされるよ らに、新たな周期リアルタイム・タスクの登録を制限す する記憶媒体。

[発明の詳細な説明]

[0000]

行して実行するタイプのプロセッサに関する電力削減技 により周期リアルタイム・タスク並びに非リアルタイム ・タスク処理時におけるシステム全体の電力消費を削減 タスクとかかる制約のない非リアルタイム・タスクを並 同時に実行するタイプのプロセッサに関する電力削減技 [0002] 更に詳しくは、本発明は、次の周期の開始 **指に係り、特に、マルチプロセッサ構成を採用すること** 【発明の属する技術分野】本発明は、1以上のタスクを 析に係り、特に、異なる周期で動作する1以上のタスク までに実行を完了させる必要がある周期リアルタイム・ を実行するプロセッサに関する電力削減技術に関する。

- 5電力削減技術に関する。

(徒来の技術] 昨今のLSI (Large Scale Integratio **報処理機器や情報通信機器が開発され、市販されるよう** になってきた。この種の機器では、CPU (Central Pr ラム・コードを実行することによりさまざまの処理サー n)技術における革新的な進歩とも相俟って、各種の情 ocessing Unit)やその他のプロセッサが所定のプログ ビスを提供するようになっている。

[0004] 他方において、情報機器に関する消費電力 という社会生態学的な観点から省電力化が推奨されてい の削減が最重要課題の1つとされている。これは、パッ テリ駆動式の情報機器においてはバッテリ特統時間の延 及に関わる問題だからである。また、商用危源で無尽蔵 に駆動することができる情徴機器においても、資源有限

は情報機器自体の省電力化にもつながる。一般には、ブ ラであるプロセッサの消費電力は、機器全体のそれに占 める割合は高い。言い換えれば、プロセッサの省電力化 ロセッサは、動作周波数の増大に従って複算速度が向上 【0005】 信熱機器内では、 みのメイン・コントロー する一方で、消費電力が増大する傾向にある。

【0006】例之ば、特開平11—194849号公報、 には、消費電力を無用に増加させることなく所定の処理 時間に所定の処理動作を完了することができ、タスクの 処理容量が変化する場合でも設定作業が簡単となるデー タ処理方法及び装置について開示している。

マイクロコンピュータが各種の処理動作を実行する場合 の処理容量と処理時間を容量記憶手段と時間記憶手段と 作を実行する場合に対応する処理容量及び処理時間を選 ータの処理速度を算出して基準クロックの周波数を可変 データ処理装置における消費電力の無用な増加も防止で に登録しておき、マイクロコンピュータが各種の処理助 としている。マイクロコンピュータの処理速度を処理容 **弘と処理時間に対応して可変するので、所定の処理動作** を所定の処理時間に確実に完了することができるととも 出し、処理容量を処理時間で除算してマイクロコンピュ こ、基準クロックの周波数を最適値に設定できるので、 [0007] 同公報に開示されたデータ処理装置では、

位時間あたりの消費電力は低下するものの、各処理を完 ッサがアイドリング状態にあるときの消費電力量の範囲 処理方法及び装置では、プロセッサの動作クロック周波 言い換えれば、動作クロック周波数の削減によって、単 量を削減する効果はあまり高くない。 すなわち、プロセ 【0008】しかしながら、同公報に開示されるデータ 「させるための所要時間が長くなり、この結果、総電力 数を変更するだけで消費電力の削減を図るものである。

S 【0009】また、同公報に開示されるデータ処理方法 を越えず、効果として不充分である。

3

っており、且つ、各処理を中断することなく順次処理す が可能なことを前提とするものである。このため、ある **処理の実行を中断して、より緊急度が高い処理(例えば** リアルタイム処理)を行わせる必要があるシステムに対 及び装置は、各処理の処理タイミングがあらかじめ定ま ることによってすべての処理を時間内に完了させること しては適用することができない。

とによって消費電力を低減する制御装置及び方法につい 【0010】また、特開2000-122747号公報 には、デジタル信号演算処理部にクロックを供給するク ル信号資政処理部での資政処理量に基めいて制御するこ ロック発生部を設けて、このクロック発生部からデジタ ル信号資質処理部へ供給するクロック周波数を、デジタ て届示されている。

は、演算部がアイドリング状態にあるときの消費電力量 【0011】しかしながら、同公報に開示される制御装 置及び方法では、演算部の動作クロック周波数を変更す るだけで消費電力の削減を図るものである。膏い換えれ ば、動作クロック周波数の削減によって、単位時間あた りの消費電力は低下するものの、各処理を完了させるた めの所要時間が長くなり、この結果、電力量の削減効果 の範囲を越えず、効果として不充分である。

を算出するようになっている。ところが、異なる周期で 動作するタスクが多数実行されるようなマルチタスク環 境下では、アイドリング時間が占める割合を計算するこ 【0012】また、同公報に開示される制御装置及び方 **法では、アイドリング時間が占める割合から動作周嵌数**

Hiroto Yasuura共塔の論文『Real-Time Task Scheduling for a Variable Voltage Processor" (IEEE 12th Inte を行う必要があることを意味する。さらに、このスケジ ューリング処理は、各周期タスクの周別の最小公倍数を 周期とするスケジューリングを計算することによって行 わなければならない。それらの周期の最小公倍数が充分 1999) において提案されるSS及びSDなろスケジュー リング手法では、システムの移動前に、タスクの実行開 rnational Symposium on System Synthesis, November 始時間が判っていることを前提としている。これは、タ に小さくない場合、タスクの追加や削除の効率が悪化す スクの追加や削除が行われる度に再度スケジューリング [0013] また、Takanori Okuma, Tohru Ishihara. とはできない。

ジューリング手法は、周期スレッドのように、タスクが リングを行っていない。このため、消費電力の削減効果 [0014]また、この論文で提案されているDDスケ 特定のパターンで起動されることを考慮したスケジュー 1不充分である。

tion in Real-time Embedded Systems" (IEEE Sixth In の論文"Voltage-Clock Scaling forLow Energy Consump 【0015】また、Yann-Hang Lee, C. M. Krishna共塔

ternational Conference on Real-Time Computing Systems and Applications, December 1999) において提案されている「Task based static schedulinig"なる手法は、タスクを静的優先度社でスケジューリングすることを前提としている。ところが、静的優先度スケジューリングに比ペてスケジューリング能力が劣っていることで知られており、電力削減の効果として不充分である。

10016)情報機能のタイン・コントローラである プロセッサの消費電力は、機器全体のそれに占める割合 は高いので(前述)、従来は、消費電力の削減のため に、システムに組み込むプロセッサ数を可能な限り減少 させることが、当該技術分野における常識とされてき 【0017】一般には、プロセッサは、動作周波数の始大に従って演算速度が向上する一方で、消費電力が増大する傾向にある(前述)。また、プロセッサの動作周波数ととにその追源電圧(音い換えれば消費電力)をつり上げていかなければならない。(但し、実際には、しょ」製造プロセスの微細化によって電源電圧の上限が制限されているので、電圧を上げることによって周波数を上げることは行われない。)

[0018] 例えば、プロセッサの動作周波数を2分の1に低下させた場合、その消費電力は4分の1まで低下することが知られている。このことは、同じ処理量のタスクを、単一のプロセッサによって実行するよりも、2分の1の動作周波数で駆動する2個のプロセッサに処理を分散させた方が、処理時間が同じでしかも消費電力が2分の1になるということを意味する。

[0019] すなわち、複数のプロセッサに処理負荷を 分散させた方がシステム全体の消費電力を削減すること ができる可能性があるが、これは消費電力の削減のため にプロセッサ数を可能な限り減少させるという従来から 解製されてきた装置設計手法に合致しない結論に陥って

[0020]プロセッサの動作周波数と電際電圧を動的 開御により変化させることが可能なマルチプロセッサ構成のシステムであれば、各プロセッサに関して起動された各タスクを遅滞なく処理するために必要な動作周波数を適応的に変化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に応じて及適な電源電圧を決定していくことで、各プロセッサ毎の消費電力を低減してシステム全体としても省電力化を達成することが可能と思料されるが、このようなことを実現した従来技術は見当たらな

00011

「範別が解決しようとする課題】本発明の目的は、異なる周期で動作する1以上のタスクを実行する複数のプロセッサを備えたマルチプロセッサ構成システムのための、優れた電力関域技術を提供することにある。

[0022] 本発明の更なる目的は、次の周期の開始までに実行を完了させる必要がある周期リアルタイムタスクとかかる開約のない非リアルタイムタスクを並行して実行するタイプのプロセッサを複数備えたマルチプロセッサ構成システムのための、優れた電力削減技術を提供することにある。

[0023]本発明の更なも目的は、アプリケーションのリアルタイム要求に応えつつプロセッサによる館力消費を削減することができる、マルチプロセッサ構成システムのための優れた電力削減技術を提供することにあ

【0024】本発明の更なる目的は、動作周波数と電源 電圧を動的に制御することができるプロセッサを複数備 えたマルチプロセッサ構成システムにおいて、各プロセ ッサ毎に、起動された各タスクを理滞なく処理するため に必要な動作周弦数を適応的に変化させるとともに、時 々刻々と切り替わる動作周波数に応じて投道な電源電圧 を決定していくことで、各プロセッサ並びにシステム全 体の消費電力を低減することができる、優れた電力削減 技術を提供することにある。

[0025]

数算出手段又はステップによる算出結果に基づく動作周 る算出結果に基づく電源電圧を該プロセッサに供給する は、次の周期の開始までに実行を完了させる必要がある 周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の制約がない 非リアルタイム・タスクを並行して実行可能なプロセッ サを複数個含んだ演算処理システム又は演算処理制御方 法であって、各プロセッサ毎に、稼動中の各時点におい て、各周期リアルタイム・タスクに課せられた要求を満 たすために充分な動作周波数を算出する動作周波数算出 手段又はステップと、各プロセッサ毎に、前記動作周波 故数クロックを抜プロセッサに供給するプロセッサ・ク ロック生成手段又はステップと、各プロセッサ角に、前 記動作周波数算定手段又はステップにより算出された動 作周波数で該プロセッサを駆動させるために充分な電源 電圧を算出する電源電圧算出手段又はステップと、各プ ロセッサ毎に、前記電源電圧算出手段又はステップによ プロセッサ電源供給手段又はステップと、を具備するこ とを特徴とする演算処理システム又は演算処理制御方法 【課題を解決するための手段及び作用】本発明は、上記 課題を参酌してなされたものであり、その第1の側面

【0026】但し、ここで言う「システム」とは、複数の装置(又は特定の機能を実現する機能モジュール)が 協理的に集合した物のことを言い、各装置や機能モジュールが単一の笛体内にあるか否かは特に問わない。

【0021】プロセッサが実行するタスクの管理や、タスタ気に必要なプロセッサの動作周波数の算出は、例えば、オペレーティング・システムの機能として実装すえば、オペレーティング・システムの機能として実装す

ることができる。

9

【0028】本発明の第1の側面に係る演算処理システム及び複算処理物力法によれば、各プロセッサ毎に、 起動された周期リアルタイム・タスク並びに非リアルタイム・タスク並びに非リアルタイム・タスクを提帯なく処理するために必要なプロセッサの動作周波数を適応的に変化させるとともに、時々刻々と切り替わる動作周波数に応じて及道なプロセッサ用電廠電圧を決定していくことで、各プロセッサ毎の消費電力を成成することができる。

【0029】本発明の第1の側面に係る放算処理システム及び演算処理制御方法は、各プロセッサの凝動中の各時点において、与えられたタスクのうちいずれを実行すべきかを強択して実行するタスク選択・実行手段又はステップをもらに備えることができる。より具体的には、サイフセッサにおいて、実行可能な関則リアルタイム・タスクのリストの先頭からタスクを取り出し、該リストが空の場合には、実行可能な非リアルタイム・タスクのリストの振頭からタスクを取り出す。ここれに、各が可してからない。

[0030]また、各プロセッサの移動中の各時点において、実行すべきタスクがなくなったことに応答して、前記プロセッサを移動率が低下したメリーブ状態に移行させるメリーブ適移手段又はステップをさらに値えることで、未処理タスクがなくなったプロセッサをスリーブ状態に適移させることで、システム全体の消費電力を最大限に節約することができる。

[0031]また、本発明の第1の側面に係る演算処理システム及び演算処理制御方法は、各周期リアルタイム・タスクに課せられた、次の周期の開始時間、周期、一角期あたりの処理負荷などの情報を、タスク実行前に記録するタスク付権記録手段又はステップと、前記をおり、一部記録された情報を参照して、電源電圧と動作周波数が前記プロセッサの限界を包えず、及び人又は、既登録の周期リアルタイム・タスクに課せられた要求が満たされるように、新たな周期リアルタイム・タスクに課せられた要求が満たされるように、新たな周期リアルタイム・タスクに課せられた要求が満たされるように、新たな周期リアルタイム・タスクに報せられた要求が満たされるように、新たな周期リアルタイム・タスクに設せが消失されるように、新たな周期リアルタイム・タスクに表を介口セッサ毎にさらに偏えるようにしてもよい。

[0032]また、各プロセッサ毎に、非リアルタイム・タスクが存在しないときに前記動作周波数が用定め下段はステップによって算出された動作周波数が所定の下限値を下回ったことに応答して、あるいは、前記電源電圧が第21年段又はステップによったことに応答して、該プロセッサの動作周波数を該下隔値に設定する下限値数で手段又はステップをさらに備えるようにしてもよい。

[0033]このような場合、下限値に設定することによりプロセッサに生まれる余剰時間に非リアルタイム・タスクを実行することにより、周期リアルタイム・タス

クが次の周期の開始以前に実行を完了することを保証し つつ、非リアルタイム・タスクの実行によって消費され る電力最を削減することができる。

[0034]また、本発明の第2の側面は、次の周期の 開始までに実行を完了させる必要がある周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の制約がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能な複数圏のプロセッサのタスクを管理するタスク管理システム又は方法であって、

各プロセッサ毎に、各周期リアルタイム・タスクに課せ

られた、次の周期の開始時間、周期、一周期あたりの処理負荷などの情報を、タスク実行前に記録するタスク信報記録手段又はステップと、各プロセッサ毎に、該プロセッサに課された処理負荷に応じて該プロセッサの電源電圧と動作同波数を設定する動作設定手段又はステップと、各プロセッサの限界を超えず、及び/又は、既登録の周期リアルタイム・タスクの登録を制限するテ、新たな周期リアルタイム・タスクの登録を制限するテ、新たな周期リアルタイム・タスクの登録を制限するテスクを發出場手段又はステップと、を見値することを特徴とするタスク管理システムアは方法である。

[0035]本発明の第2の側面に係るタスク管理システム又は方法によれば、電源電圧と動作周波数が前記プロセッサの限界を越えず、且つ、既登録の周期リアルケイム・タスクに課せられた要求が満たされるように、令プロセッサにおける新たな周期リアルケイム・タスクの登録を制限することができる。

[0036]また、非リアルタイム・タスクが存在しないときに前記動作周波数算出手段又はステップによって算出された動作周波数が所定の下限値を下回ったことに応答して、プロセッサの動作周波数及び/又は電流電圧を該下限値に設定する下限値設定手段又はステップを各プロセッサ毎にさらに縮えるようにしてもよい。

(0037)このような場合、各プロセッサでは、下限値に設定することによりプロセッサに生まれる余利時間に非リアルタイム・タスクを実行することにより、周期リアルタイム・タスクが次の周期の開始以前に実行を完了することを保証しながら、非リアルタイム・タスクの実行によって消費される電力値を削減することができ

[0038]また、本発明の第3の側面は、次の周期の 関始までに実行を完了させる必要がある周期リアルタイム・タスクと実行完了時刻の間約がない非リアルタイム・タスクを並行して実行可能な複数個のプロセッサによる減算処理の間倒をコンピュータ・ンステム上で実行するように記述されたコンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ可認形式で物理的に格制した記憶媒体であって、前記コンピュータ・ソフトウェアは、各プロセッサ年に、移動中の各時点において、各周期リアルタイム・タスクに課せられた要求を満たすために光分な動作過数

毎に、前記動作周波数算出ステップによる算出結果に基 ろく動作国政数クロックを該プロセッサに供給するプロ 数を貸出する動作周波数算出ステップと、各プロセッサ セッサ・クロック生成ステップと、各プロセッサ毎に、

[0039]また、本発明の第4の側面は、改の周期の 数で該プロセッサを駆動させるために充分な電源電圧を 前記電歌動圧算出ステップによる算出結果に基づく電源 前記動作周波数算定ステップにより算出された動作周波 即圧を接プロセッサに供給するプロセッサ電源供給ステ ップと、を具備することを特徴とする記憶媒体である。 Ji山する電源電圧算出ステップと、各プロセッサ毎に、

周期の開始時間、周期、一周期あたりの処理負荷などの ・タスクを並行して実行可能な複数個のプロセッサにお て、崩犯コンピュータ・ソフトウェアは、各プロセッサ 毎に、各周期リアルタイム・タスクに課せられた、次の 情報を、タスク実行前に記録するタスク情報記録ステッ ム・タスクと実行完了時刻の制約がない非リアルタイム るように記述されたコンピュータ・ソフトウェアをコン 開始までに実行を完了させる必要がある周期リアルタイ けるタスクの管理をコンピュータ・システム上で実行す ピュータ可読形式で物理的に格納した配倣媒体であっ

D (Compact Disc) PFD (Floppy Disc), MO (Mag 線、有線の区別を問わない) などの伝送媒体などを経由 体である。あるいは、ネットワーク(ネットワークは無 【0040】本発明の第3及び第4の各側面に係る記憶 **一タ・ソフトウェアをコンピュータ可説な形式で物理的** に提供する媒体である。このような媒体は、例えば、C ず、及び/又は、既登録の周期リアルタイム・タスクに **課せられた要求が満たされるように、新たな周期リアル** タイム・タスクの登録を制限するタスク登録制御ステッ neto-Ontical disc)などの着脱自住で可晩性の記憶媒 て、電源電圧と動作周波数が該プロセッサの限界を越え 煤作は、例えば、様々なプログラム・コードを実行可能 な汎用性のコンピュータ・システムに対して、コンピュ してコンピュータ・ソフトウェアを特定のコンピュータ プと、を具備することを特徴とする記憶媒体である。

って、コンピュータ・システム上では協働的作用が発揮 【0041】このような記憶媒体は、コンピュータ・シ ステム上で所定のコンピュータ・ソフトウェアの機能を **収現するための、コンピュータ・ソフトウェアと記憶媒** 体との構造上又は機能上の協働的関係を定義したもので ある。換割すれば、本発明の第3及び第6の各側面に係 る記憶媒体を介して所定のコンピュータ・ソフトウェア をコンピュータ・システムにインストールすることによ

・システムにコンピュータ可読形式で提供することも技

され、本発別の第1及び第2の各側面に係る演算処理シ ステム及び演算処理制御方法、タスク管理システム及び 後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳 タスク管理方法と同様の作用効果を得ることができる。 [0042] 本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、 箱な説明によって明らかになるであろう。 【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明 の実施例を詳解する。

ndom Access Memory) 12 &, ROM (Read Only Memo サ11は2個しか装備していないが、3個以上のプロセ ry) 13と、周辺デバイス14と、タイマ15とを含ん ッサを悩えるマルチプロセッサ構成であっても、同様に 図1には、本発明の実施に供されるマルチプロセッサ構 0は、プロセッサ11-A及び11-Bと、RAM (Ra でいる。同図に示す演算処理システム10は、プロセッ 成の資算処理システム10のハードウェア構成を模式的 に示している。同図に示すように、資算処理システム1 本発明の効果を奏することを理解されたい。 [0044] 1. システム構成

[0045] プロセッサ11-A及び11-Bは、前算 **処理システム10のメイン・コントローラであり、それ** ぞれオペレーティング・システム(OS)の制御下で、 各種のプログラム・コードを実行するようになってい

負荷に応じて該プロセッサの電源電圧と動作周波数を設

定する動作設定ステップと、各プロセッサ毎に、前記タ

スク情報記録ステップにより記録された情報を参照し

プと、各プロセッサ毎に、該プロセッサに課された処理

は、次の周期の開始までに実行を完了させる必要がある 時間に制約がない「非リアルタイム・タスク」とに大別 実行を管理・制御する単位は、一般に「タスク」と呼ば れる。本実施例に係るプロセッサ11-A及び11-B は、異なる周期で動作する複数のタスクを同時に実行す るマルチタスク機構を備えているものとする。タスクに [0046] オペレーティング・システムがプログラム 「周期リアルタイム・タスク」と、このような実行完了

ドレス又は1/0アドレスが付与されており、プロセッ サ11-A及び11-Bはこれらアドレスによって特定 アドレス・バス、データ・バス、コントロール・バスな [0047] プロセッサ11-A及び11-Bは、パス 5。パス16上の各機器にはそれぞれ固有のメモリ・ア の機器へのアクセスが可能となっている。バス16は、 | 6 によって他の機器類(後述)と相互接続されてい どを含む共通信号伝送路である。 することができる。

は、例えば、BIOS(BasicInput/Output System:括 本入出力システム) 、周辺機器をハードウェア操作する ためのデバイス・ドライバ、オペレーティング・システ り、プロセッサ11において実行されるプログラム・コ [0048] RAM12は、皆き込み可能なメモリであ **ードをロードしたり、実行プログラムの作業データを一** 時格納するために使用される。プログラム・コードに

ム、アプリケーションなどが挙げられる。

【0049】ROM13は、所定のコードやデータを恒 A的に記憶するための不揮発メモリであり、例えば、B I O S や始動時の自己診断プログラム (bower On Self Fest: POST) などを格納している。

リンタのようなユーザ出力装置、キーボードやマウスの ・インターフェース・カードのような通信装置が含まれ [0050] 周辺デバイス14には、ディスプレイやブ ようなユーザ入力装置、ハード・ディスクやその他のメ ディア・ドライブからなる外部記憶装置、ネットワーク

【0051】タイマ15は、タイマ信号を所定周期で発 生させる装置である。タイマ15にも割り込みレベルが 割り込みを発生するようになっている。(但し、周期の 割り当てられており、プロセッサ11に対して周期的な 異なる複数の周期リアルタイム・タスクが存在する場 合、タイマ信号は周期的な割り込みにはならない。)

や商用AC電源で構成されるが、AC/DCアダプタや ネントには、電源装置17からの電力が電源供給線18 を介して供給される。電源装置17は、例えばパッテリ DC/DCコンバータによって一定の虹原電圧を供給す [0052] 上述したようなシステム10の各コンポー

ては、専用のDC/DC変換器21-Aが配設されている。プロセッサ11-Aは、オペレーティング・システ ムの制御下で、プロセッサ用DC/DC変換器21-A [0053] 図示の倒では、プロセッサ11-Aに対し からの供給電圧を設定する機構を備えている。

ることができる。

て、その動作周波数に同期的に駆動する。一般には、動 その消費電力は4分の1になる。本実施例では、プロセ ッサ11-Aは、オペレーティング・システムの制御下 作周波数の増大により、プロセッサ11-Aの処理速度 は向上するとともに消費犯力も増大する。例えば、プロ で、プロセッサ・クロック生成器22-Aが生成するク [0054]また、プロセッサ11-Aは、プロセッサ セッサ11-Aの動作周波数を2分の1に低下させると ・クロック生成器22が発生する動作クロックを入力し ロックの動作周波数を設定する機構を備えている。

C変換器21-B並びにプロセッサ・クロック生成器2 2-Bが装備されており、プロセッサ11-Bはオペレ [0055]また、図1に示すように、他方のプロセッ サ11-Bに対しても、同様に、プロセッサ用DC/D ーティング・システムの制御下で自身への電源電圧やク ロックの動作周波数を設定することができるようになっ

よっても本発明の効果を実現することができる。 書い機 とプロセッサ・クロック生成器22の各々によって動的 に制御する必要は必ずしもなく、いずれか一方の動作に 【0056】なお、プロセッサ11に対する電源電圧と 動作同波数の双方をプロセッサ用DC/DC変換器21

明の効果を実現することができる。また、電磁電圧と動 なく、いずれか一方のみを即御する場合であっても本発 1の電源電圧と動作周波数の双方を動的制御するのでは 作周波数のいずれか一方のみを演算処理により設定し、

グ・システムが設定することによって、その周波数で動 サ11に供給されるように構成してもよい)。また、複 数のプロセッサのうち一部に対してのみ記版包圧と動作 周波数の動的制御を行うようにしても、同様に本発明の 他方はその設定に自動的に追従するように構成してもよ い (例えば、プロセッサ 1 1 の周改数をオペレーティン 作するために必要な最小の電磁電圧が自動的にプロセッ

[0057] 2. アブリケーションに対するインタース 効果を奏することを理解されたい。

ッサ」1がオペレーティング・システムの制御下でアプ リケーション・タスクを実行するという形式で実現され ム10のハードウェア及びソフトウェアを総合的に管理 ションに対しては、オペレーティング・システムの基本 **資算処理システム10上における演算処理は、各プロセ** る(前述)。オペレーティング・システムとは、システ するための基本ソフトウェアのことであり、アプリケー 機能を呼び出す(コールする)ためのインターフェー

ス、すなわちAPI (ApplicationProgramming Interfa ce)を提供している。

ションの実行を管理・制御する単位は「タスク」と呼ば れ、タスクには、次の周期の開始までに実行を完了させ る必要がある「周期リアルタイム・タスク」と、このよ うな実行完了時間に制約がない「非リアルタイム・タス [0058] オペレーティング・システムがアブリケー

[0059] 周期リアルタイム・タスクとは、ある周期 イム・タスクの周期は区々である。図2には、複数の周 期リアルタイム・タスクが異なる周期で同時に実行され で定期的に起動されるタスクである。但し、各リアルタ ク」とに大別される(前述)。

設定されたプロセッサ使用最を越えない範囲で実行が行 われる。ここで言う「プロセッサ使用瓜」とは、プロセ ッサの動作周波数が最大値に固定された条件下で、一周 に、あらかじめアプリケーション・プログラムによって 期の実行を完了させるために必要な時間のことを意味す 【0060】周期リアルタイム・タスクは、各起動毎 ている様子を模式的に図解している。

【0061】本実施例に係るオペレーティング・システ ムは、周期リアルタイム・タスクの実行が次の周期が開 始する以前に完了するように動作周波数の制御とタスク

[0062]また、非リアルタイム・タスクとは、その **実行完了時間に対する制約がないタスクである。** 実行順序の制御を行うようになっている。

【0063】 木実施例に係るオペレーティング・システ ムは、アプリケーション・プログラムに対して、「周期

8

えれば、オペレーティング・システムは、プロセッサ1

®

タスクの周期的実行」、「周期リアルタイム・タスクの の下限値の設定」というインターフェースを提供してい 「非リアルタイム・タスクの実行完了」、「動作周波数 リアルタイム・タスクの登録」、「周期リアルタイム・ 登録解除」、「非リアルタイム・タスクの実行開始」、

アプリケーション・プログラムは、このインターフェー スを利用する際に、以下の各情報をオペレーティング・ [0064] (1) 周期リアルタイム・タスクの登録 システムに与える。

タスクの一周期あたりの処理負荷:処理負荷の表現方法 セッサが最大動作周波数でこのタスクを実行し続けると きに、一周期の処理に要する計算時間で表現することも として様々なものを挙げることができる。例えば、プロ タスクの起動周期:タスクが起動される周期である。

タスクの実行に必要なその他の情報:例えば、タスクの 心圧の制御やタスク実行順序の制御には本質的なもので とが挙げられる。但し、この情報は、動作周波数や電源 実行開始アドレスやスタック領域の位置などを与えるこ

[0065] オペレーティング・システムは、これらの の実行がさらに可能か否かを判断する。実行不可能と判 い。他方、実行可能と判断したときには、タスクの登録 断したときには、アプリケーション・プログラムに対し 情報を基に、既に登録された周期リアルタイム・タスク の要求を満たしつつ、新たに周期リアルタイム・タスク てその旨を通知するとともに、タスクの登録を行わな

【0066】(2)周期リアルタイム・タスクの周期的 実行

スクを特定できる値をオペレーティング・システムに与 上述のインターフェース「周期リアルタイム・タスクの な起動を開始することができる。アプリケーション・プ 登録」によって登録に成功した周期リアルタイム・タス クは、このインターフェースの呼び出しによって周期的 ログラムは、このインターフェースを利用する際に、タ

ることも可能である。また、指定された時間から周期的 タスクの登録成功と同時に起動を開始するように実装す な起動を始めることを要求するためのインターフェース [0067] なお、このインターフェースを省略して、 を用意することによっても実装可能である。

【0068】(3)周期リアルタイム・タスクの登録解

スを利用する際に、タスクを特定できる値をオペレーテ アプリケーション・プログラムは、このインターフェー イング・システムに与える。

【0069】(4)非リアルタイム・タスクの実行開始 このインターフェースの呼び出しによって、指定された

クの実行開始アドレスやスタック領域の位置、さらに非 グラムは、このインターフェースを利用する際に、タス タスクは実行可能状態となる。アプリケーション・プロ リアルタイム・タスク間の実行優先順位などの情報を、 オペレーティング・システムに与える。

れたタスクは以後実行されなくなる。但し、上述の「非 リアルタイム・タスクの実行開始」インターフェースの 呼び出しによって、再度実行を開始することができるよ 【0070】(5)非リアルタイム・タスクの実行完了 このインターフェースを呼び出すことによって、指定さ うに実装することも可能である。

オペレーティング・システムによって設定される動作周 【0071】(6)動作周波数の下限値の設定

るのに充分な必要最低限の動作周故数でプロセッサを動 ることによって、非リアルタイム・タスクを実行するだ 数数が、ある関値以下に低下しないように設定するため ムは、通常、周期リアルタイム・タスクを適切に実行す 作させようとする。このため、非リアルタイム・タスク の実行に費やされるプロセッサ時間が不充分となること がある。このような場合には、この関値を大きく設定す のインターフェースである。 オペレーティング・システ けの余地を与えることができる。

本実施例に係るオペレーティング・システムは、各タス ク毎に、以下の変数を保持している。但し、各変数の添 え字;はタスクを識別するために与えられるタスク番号 [0072] 3. オペレーティング・システムの実装

[0073] ci: 次の周期の開始時間 であるとする。

p;:周期

c i:一周期あたりの処理負荷

[0014] さらに、木実施例に係るオペレーティング [0075] rp:現在、p番目のプロセッサ pに登録 ・システムは以下の変数を保持している。

0米満の値であれば、プロセッサ p においてさらに周期 されている周期リアルタイム・タスクの処理負荷を周期 で割った値の合計値である。すなわち、プロセッサロの pは、プロセッサpにおいて周期リアルタイム・タスク 使用率に相当し、0から1.0の値をとる。rpが1. リアルタイム・タスクを実行可能な状態である。F

る。 すなわち、プロセッサ p の使用率に相当し、0 から されており、且つ、起動要求が発行された周期リアルタ イム・タスクの処理負荷を周期で割った値の合計値であ **リアルタイム・タスクを起動するときに逐次更新される** . 0の値をとる。1pは、プロセッサpにおいて周期 【0076】1p:現在、p番目のプロセッサpに登録 を登録するときに更新される値である。

の、アプリケーション・プログラムによって設定された [0077] fmin,p: p哲目のプロセッサ pについて 動作周波数の下限値である。

イベントの発生を待っていない状態にあるすべての周期 の、実行可能な周期リアルタイム・タスクのリストであ いまだその周期の実行を完了しておらず、且つ、様々な は、各タスクは、そのci(次の周期の開始時間)の値 る。このリストは、ある周期において起動された後に、 リアルタイム・タスクで構成される。このリスト中で 【0078】 Rr,p: p 沿日のプロセッサ p について が小さいものから順に並べられている。

行を完了しておらず、且つ、様々なイベントの発生を待 い)、非リアルタイム・タスクに実行優先順位を設定す るような場合には、その優先順位に応じた順序で並べる る。このリストは、タスクが起動された後に、いまだ実 っていない状態にあるすべての非リアルタイム・タスク で構成される。このリスト中のタスクの順序は任意でよ の、実行可能な非リアルタイム・タスクのリストであ 【0079】Rb,p:p路目のプロセッサpについて いが (例えば先入れ先出し (FIFO) 方式でもよ

グ・システムの機能構成を、特にタスク管理機能に着目 【0080】図3には、本実施例に係るオペレーティン して図解している。

ようにしてもよい。

- B上で動作するそれぞれのオペレーティング・システ [0081] 図示の通り、各プロセッサ11-A, 11 ムは、スケジューラとタイマ・マネージャを含んでい

る。待ち行列中の各タスクは、タスク識別子と実行開始 【0082】タイマ・マネージャは、タイマ15から供 要求された各タスクを所定の順序(例えば、実行開始時 給されるタイマ信号に従ってプロセッサ11をタイマ管 理する機能モジュールである。タイマ・マネージャは、 刻に従った順序)で保持する待ち行列 (queue) であ 時刻 (release time) を含んでいる。

【0083】図示の例では、プロセッサ11-A側にお ケジュール管理を行う機能モジュールであり、実行可能 た、スケジューラは、周期リアルタイム・タスクの処理 けるタイマ・マネージャ内の待ち行列には、タスク10 をリリース時刻80で要求する要求1と、タスク11を [0084] スケジューラは、起動された各タスクのス なリアルタイム・タスクのリストRrと、実行可能な非 負荷を周期で割った値の合計値 「並びに」を管理してい る(Fは周期リアルタイム・タスク登録時の値であり、 リリース時刻95で要求する要求2が格納されている。 リアルタイム・タスクのリストRbを含んでいる。ま | は周期リアルタイム・タスク起動要求時の値であ

非リアルタイム・タスクが登録されている。また、処理 1、タスク3、タスク4、タスク2の順序で周期リアル は、タスク6、タスク8、タスク7、タスク5の順序で タイム・タスクが登録されている。また、リストRbに [0085] 図示の例では、リストRrには、タスク

負荷を周期で割った値の合計値「及び1はともに80% を示し、プロセッサがさらに周期リアルタイム・タスク を実行可能な状態であることを示している。

【0086】タイマ・マネージャは、スケジューラに対 た、スケジューラは、タイマ・マネージャに対して、タ して、タスクの起動すなわちリリースを通知する。ま スク番号とタスク起動時刻を通知する。

[0087] アプリケーション・プログラムは、オペレ ーティング・システム内のスケジューラに対して、周期 周期リアルタイム・タスクの起動・登録削除、非リアル タイム・タスクの登録並びに登録削除などの要求を、上 むした各インターフェースによって受け付けるようにな リアルタイムタスクの登録 (pi,ciの通知を伴う)

助作するオペレーティング・システムの間では、各変数 [0088] また、プロセッサ11-A及び11-Bで を参照し合う通信手段を備えている。

[0089] 4. オペレーティング・システムによるタ

続いて、上述したオペレーティング・システムの各イン ターフェースを実装したプログラムによる処理動作につ [0090] 図4には、周期リアルタイム・タスクを登

チャートに従って周期リアルタイム・タスクの登録処理 除するインターフェースにおいて実現される処理手順を フローチャートの形式で示している。以下、このフロー について説明する。

[0091]まず、各プロセッサに問い合わせて、周期 リアルタイム・タスクの処理負荷を周期で割った値の合 計値 rpが设小となるプロセッサpを探索する(ステッ

[0092] そして、プロセッサロにおいて、タスク登 **録判定処理を実行する (ステップS2)。** 7S1)

【0093】ステップS2におけるタスク登録判定処理 は、別途定義済みの処理ルーチンであり、その詳細な処 理手順は図5においてフローチャートの形式で示してい る。以下、図5を参照しながら周期リアルタイム・タス

【0094】まず、登録判定の対象となる周期リアルタ イム・タスクにタスク番号;を付与するとともに、登録 判定の対象となるプロセッサをpとする (ステップS1 クの登録判定処理について説明する。

【0095】そして、登録判定の対象となるタスク;を 含めて、現在オペレーティング・システムに登録されて いる周期リアルタイム・タスクの処理負荷を周期で割っ た値の合計値 r_p (= c_i/p_i + r_p) を以算してみて、 これが 1 米隣か否かをチェックする (ステップS1 【0096】プロセッサpの処理負荷に相当する合計値 50 rpが1を越える場合には、もはやシステム10は周期

9

リアルタイム・タスク;を実行することができない状態 なので、登録失敗とする。

場合には、システム10はさらにタスク;を追加して実 [0097] 他方、試算した合計値 rpが1未満である 行することができる状態なので、 rpの値を更新して

[0098] 図6には、周期リアルタイム・タスクを登 緑解除するインターフェースにおいて実現される処理手 ローチャートに従って、周期リアルタイム・タスクの登 順をフローチャートの形式で示している。以下、このフ (ステップS13)、登録成功とする。 録解除処理について説明する。

【0099】まず、周期リアルタイム・タスクの登録解 除要求を受け取ったプロセッサpは、該タスクが自分に 関り当てられたものか否かを、スケジューラ又は待ち行 **刈た騒認する(ステップS21)。**

【0100】タスクがプロセッサp自身のものである場 合には、登録削除すべき周期リアルタイム・タスクにタ スク番号:を付与する(ステップS22)。

に登録されている周期リアルタイム・タスクの処理負荷 ティング・システムに登録され且つ起動要求が発行され [0101] 次いで、現在オペレーティング・システム た周期リアルタイム・タスクの処理負荷を周期で割った 近の合計値!pの値から、登録削除を行う周期リアルタ イムタスクiの分ci~biを取り除く(ステップS2 を周期で約った値の合計値 r p、並びに、現在オペレー

タスク;が既にスケジューラ内の実行可能リアルタイム [0102] また、登録削除を行う周期リアルタイム・ ・タスクのリストR_{r,p}中に登録されている場合には、 タスクiをリストRr, pから削除する (ステップS2

【0103】そして、別途定義された再スケジューリン ン全体を終了する。再スケジューリング処理については グ処理を行うことで(ステップS26)、本処理ルーチ 後に詳解する。

【0104】他方、プロセッサp自身のものではない場 合には、他のプロセッサへ登録解除要求を転送して(ス テップS27)、該要求の処理完了を待って(ステップ S28)、木処理ルーチン全体を終了する。

[0105] 図7には、周期リアルタイム・タスクを起 周別リアルタイム・タスクの起動開始処理について説明 助開始するインターフェースにおいて実現される処理手 ローチャートに従って、巾番目のプロセッサ P において 植をフローチャートの形式で示している。以下、このフ

が発行された周期リアルタイム・タスクの処理負荷を周 在オペレーティング・システムに登録され且つ起動要求 タスクにタスク番号:を付与し (ステップS31)、現 明で割った値に合計値!pにタスクiの分ci/piを加 【0106】まず、起動開始すべき周期リアルタイム・

20

アプリケーション・プログラムによって設定された動作 [0107] 次いで、現在オペレーティング・システム に登録され且つ起動要求が発行された周期リアルタイム 周波数の下限値 [min,pのうち、大きい値を変数 f に設 ・タスクの処理負荷を周期で割った値に合計値1₀と、 定する (ステップS33)。 算する (ステップS32)。

[0108] そして、プロセッサpの動作周波数を1に S34)。プロセッサロの動作周波数や電源電圧の変更 散定するとともに、プロセッサpに供給する電磁電圧を 周波数 「で動作可能な最小の電圧に設定する (ステップ は、プロセッサ・クロック生成器22並びにプロセッサ 用DC/DC変換器21の各々に指示値を送信すること によって行われる (前述)。

る動作周波数がアプリケーション・プログラムによって 【0109】プロセッサ pに課された処理負荷から求ま 設定された動作周波数の下限値「minを下回る場合に

スクの実行によって消費される電力量を削減することが 果、周期リアルタイム・タスクが次の周期の開始以前に **実行を完了することを保証しつつ、非リアルタイム・タ** より、プロセッサpに生まれる余剰時間を利用して非リ は、下限値 f min, pを動作周波数として設定することに アルタイム・タスクを実行することができる。この結

|を加算した値を次の周期の開始時刻。;に代入して (ス [0110] 次いで、現在時刻にタスク;が持つ周期 p

【0111】次いで、スケジューラ内の実行可能リアル タイム・タスクのリスト Rr, p中にタスクiを追加登録 テップS35)、時刻ejにタスク i が起動するように タイマ15を設定する (ステップS36)。 **する (ステップS37)。**

ン全体を終了する。再スケジューリング処理については [0112] そして、別途定義された再スケジューリン グ処理を行うことで(ステップS38)、本処理ルーチ 後に詳解する。

ときにおける処理手順をフローチャートの形式で示して いる。以下、このフローチャートに従って、周期リアル [0113] 図8には、プロセッサpにおいて周期リア ルタイム・タスクを起動するタイマの設定時刻に達した タイム・タスクに指定された時刻に遠したときの処理に

[0114] まず、起動すべき周期リアルタイム・タス カにタスク番号:を付与する (ステップS41)。 しいた説明する。

【0115】次いで、現在時刻にタスク;が持つ周期p |を加算した値を次の周期の開始時刻 | に代入して (ス テップS42)、時刻 0 ¡ にタスク i が起動するように タイマ15を設定する (ステップS43)。

[0116] 放いで、プロセッサpにおけるスケジュー ラ内の実行可能リアルタイム・タスクのリストRr,plh にタスク i を追加登録する (ステップS44)。

33

[0117]そして、別途定義された再スケジューリン Y処理を行うことで(ステップS45)、本処理ルーチ ン全体を終了する。 再スケジューリング処理については

る。以下、このフローチャートに従って非リアルタイム [0118] 図9には、プロセッサpにおいて非リアル タイム・タスクを登録するインターフェースにおいて実 現される処理手順をフローチャートの形式でぶしてい ・タスクの登録処理について説明する。

[0119]まず、新規登録する非リアルタイム・タス て、このタスクiを、プロセッサロにおけるスケジュー クにタスク番号;を付与する(ステップS51)。そし ラ内の実行可能な非リアルタイム・タスクのリストR b, pに追加登録する (ステップS52)。

ン全体を終了する。再スケジューリング処理については 【0120】そして、別途定義された再スケジューリン グ処理を行うことで(ステップS53)、本処理ルーチ

ルタイム・タスクを登録削除するインターフェースにお いて実現される処理手順をフローチャートの形式で示し ている。以下、このフローチャートに従って、非リアル [0121] 図10には、プロセッサ p において非リア タイム・タスクの登録削除処理について説明する。

[0122] まず、登録削除する非リアルタイム・タス [0123] このタスク;が、プロセッサpのスケジュ b, pに既に登録されている場合には、該リストRb, p中か **一ラ内の実行可能非リアルタイム・タスクのリストR** クにタスク番号 1を付与する (ステップS61)。

[0124] そして、別途定義された再スケジューリン ン全体を終了する。再スケジューリング処理については グ処理を行うことで(ステップS63)、本処理ルーチ ら削除する (ステップS62)。

[0125]図11には、プロセッサpにおいて周期リ アルタイム・タスクの登録削除時、起動開始時、非リア チン内で行われる耳スケジューリング処理の手順をフロ ルタイムタスクの登録時、登録削除時の各々の処理ルー

ートを参照しながら、再スケジューリング処理について **ーチャートの形式で示している。以下、このフローチャ**

[0126]まず、プロセッサロにおけるスケジューラ 内の実行可能周期リアルタイム・タスクのリストRr,p が空か否かをチェックする (ステップS71)。

iを付与して (ステップS74)、タスクiに制御を移 [0127] リストR_{r, p}が空でなければ、該リストR r,p中の先頭の周期リアルタイム・タスクにタスク番号 し(ステップS16)、本処理ルーチン全体を終了す

ッサpにおけるスケジューラ内の実行可能非リアルタイ 【0128】リストR_{r, p}が空の場合、さらに、プロセ

(22)

ム・タスクのリストRb, pが空か否かをチェックする

pをスリーブ状態に移行させ(ステップS73)、次の が実行すべきタスクがないことになるので、プロセッサ を付与して(ステップS75)、タスク;に制御を移し [0130] スケジューラ内のリスト $R_{r,p}$ 及びリスト Rb, pのいずれも空である場合には、現在プロセッサ p [0129] リストRb, pが空でなければ、該リストR n,p中の先頭の非リアルタイム・タスクにタスク番号i (ステップS76) 、本処理ルーチン全体を終了する。 タスクが発生するまでプロセッサDを待機せしめる。

[0131] なお、ここで含うスリーブ状態とは、プロ ドのことを指す。但し、スリーブ状態の定義については 本発明の要旨とはជ接関連しないので、ここでは敢えて セッサ 1 1の活動を低下させて省電力化を図る動作モー

[0132] [追植] 以上、特定の実施例を参照しなが ら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発 別の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や 代用を成し得ることは自明である。

に、タスクを起動することが考えられる。また、ネット リアルタイム・タスクはタイマで起動されるものとした が、本発明の要旨は必ずしもこれに限定されない。段小 起動間隔が指定の周期を下回らない範囲で、自由な時刻 に周期リアルタイム・タスクを起動するようにしてもよ い。例えば、ディスプレイ装置を備えた資算処理システ ムにおいて、垂直帰線期間割り込み信号が発生したとき [0133] 本明細郡で紹介した実施の形態では、周期 ワークからのパケット到着時に周期リアルタイム・タス

本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許 [0134] 要するに、例示という形態で本発明を開示 してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。 **請求の範囲の概を参酌すべきである。** クを起動することも可能である。

異なる周期で動作する1以上のタスクを実行する複数の プロセッサを聞えたマルチプロセッサ構成システムのた 【発明の効果】以上詳記したように、本発明によれば、

クとかかる制約のない非リアルタイムタスクを並行して ッサ構成システムのための、優れた電力削減技術を提供 [0136]また、本発明によれば、次の周期の開始ま でに実行を完了させる必要がある周期リアルタイムタス 実行するタイプのプロセッサを複数備えたマルチプロセ めの、優れた電力削波技術を提供することができる。

のリアルタイム要求に応えつつプロセッサによる電力消 【0137】また、本発明によれば、アプリケーション 費を削減することができる、マルチプロセッサ構成シス テムのための優れた電力削減技術を提供することができ することができる。

に必要な動作周波数を適応的に変化させるとともに、時 **電圧を動的に制御することができるプロセッサを複数備** ッサ毎に、起動された各タスクを遅滞なく処理するため [0138]また、本発別によれば、動作周波数と電源 な刻々と切り替わる動作周波数に応じて最適な電源電圧 を決定していくことで、各プロセッサ並びにシステム全 4の消費電力を低減することができる、優れた電力削減 えたマルチプロセッサ構成システムにおいて、各プロセ **伎術を提供することができる。**

【0139】また、本発明に係るマルチプロセッサ構成 ンステムを利用した場合、単一のプロセッサにより同じ **処理量のタスクを実行する場合に比し、消費電力を削減** することができる。

間波数や電源電圧の変更頻度を低く抑えながら、各々の 【0140】また、本発明によれば、プロセッサの動作 プロセッサによる電力消費を削減することができる。

システムを拡張することも考えられるが、本発明では散 **位以前に処理を完了するタスクである。処理を完了すべ** て、タスクの登録や登録削除時に動作周波数を変化させ [0143] 例えば、あるタスク;について、デッドラ インを次の周期の開始時間よりも前に設定することがシ ステム構築上どうしても必要になった場合に、タスク起 **お照をデッドラインに対する参照へと置き換えるだけで** 【0141】周期リアルタイム・タスクは次の周期の開 き時間すなわちデッドラインを自由に設定可能なように [0142] したがって、プロセッサの電源電圧や動作 周波数を変化させるために比較的長い時間を要するハー 動タイマの時刻設定を除く、変数 p.jに対するすべての ドウェアに対しても、本発明を適用することができる。 るだけで充分に高い電力削減効果を得ることができる。 えてこのように処理完了時間に制限を課すことによっ

[図面の簡単な説明]

【図1】本発明の実施に供されるマルチプロセッサ構成 の演算処理システム10のハードウェア構成を模式的に [図2] 複数の周期リアルタイム・タスクが異なる周期 で同時に実行されている様子を模式的に示した図であ

[図3] 本実施例に係るオペレーティング・システムの 4作構成を模式的に示したブロック図である。

[図4] 周期リアルタイム・タスクを登録するインター フェースにおいて実現される処理手順を示したフローチ トートである。 [図5] プロセッサロにおける周期リアルタイム・タス クの登録判定処理の手順を示したフローチャートであ 【図6】周期リアルタイム・タスクを登録解除するイン ターフェースにおいて実現される処理手類を示したフロ

【図7】周期リアルタイム・タスクを起動開始するイン ーチャートである。

[図8] 周期リアルタイム・タスクを起動するタイマの ーフェースにおいて実現される処理手順を示したフロ 設定時刻に達したときにおける処理手机を示したフロー ーチャートである。

【図9】 非リアルタイム・タスクを登録するインターフ チャートである。

[図10] 非リアルタイム・タスクを登録削除するイン ターフェースにおいて実現される処理手順を示したフロ ェースにおいて実現される処理手順を示したフローチャ ートである。

を 発送 は 20 年 9

Z Z

[図11] プロセッサpにおいて周期リアルタイム・タ の登録時、登録削除時に行う再スケジューリング処理の スクの登録削除時、起動開始時、非リアルタイムタスク 手順を示したフローチャートである。 ーチャートである。

周辺ゲバイス

₹0 13

[符号の説明]

10…演算処理システム

11…プロセッサ

1 2 ··· R AM 3 ... R OM

4…周辺デバイス

化聚铁器

15...917

6…システム・バス 7…電源装置

18…電源供給線

21…プロセッサ用DC/DC変換器 22…プロセッサ・クロック生成器

演算処理システム10

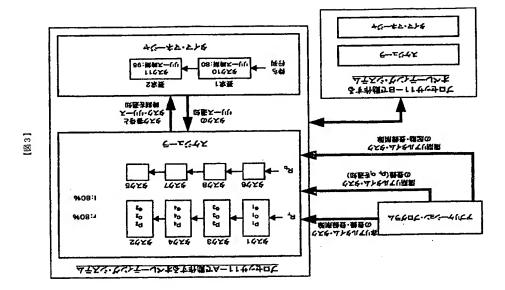
プロセッサ用DC/DC変換器 21-8 プロセッサ用DC/DCを表現 プロセッサ・クロック生成器 プロセッサ・クロック生成器 22-B [[] 70424 11-8 70424 11-A

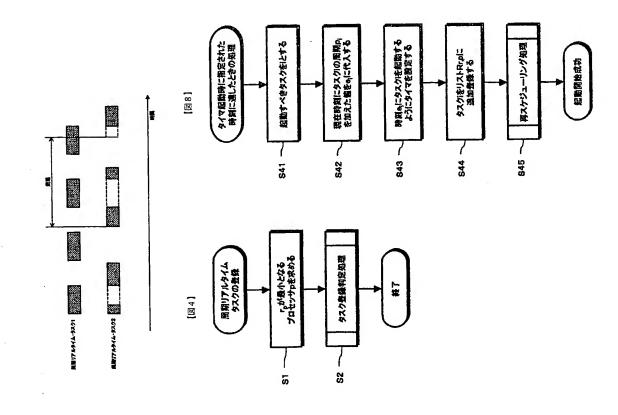
(14)

(19)

(12)

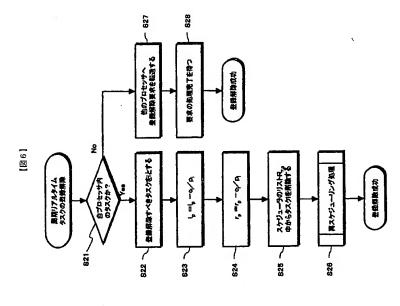
[図2]

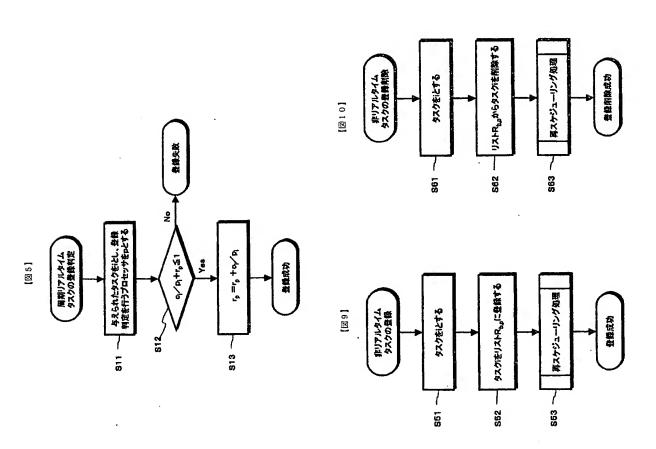




(18)

(17)





(61)

